

# **Die alkalische Brennstoffzelle (AFC)**

**von Mathis Fomferra**



**Fachoberschule  
Winsen/Luhe**

**Mai 2010**

# Index

- Vorwort
- Wieso die Brennstoffzelle
- Die Geschichte der Brennstoffzelle
- Die alkalische Brennstoffzelle
- Quellenangaben

## Vorwort

*In Zeiten steigender Energiekosten liegt es nahe alternative Energiequellen wie z.B. die Brennstoffzelle im Alltag einzusetzen. Die AFC Brennstoffzelle wird schon seit vielen Jahren in Raumfähren und seit einigen Jahren auch in U-Booten eingesetzt.*

## Wieso die Brennstoffzelle und nicht der Verbrennungsmotor ?

*Da die Energieresourcen immer geringer werden, liegt es nahe erneuerbare Energien einzusetzen, sei es in der Automobilbranche oder in anderen Gebieten. Also stellt sich die Frage, wieso sollte man nicht die Brennstoffzelle statt des Verbrennungsmotors einsetzen. Der Verbrennungsmotor ist eigentlich eine überholte Technik, er hat zwar den Vorteil, dass er seit Jahrzehnten zuverlässig funktioniert und ausreichend Energie zur Verfügung stellt aber er hat einen sehr geringen Wirkungsgrad von weniger als 35%.*

*Der Wirkungsgrad würde bei 90% liegen, wenn man Verbrennungstemperaturen von über 2000°C hätte, diese werden aber nicht erreicht. Des Weiteren bringt der hohe Kraftstoffverbrauch auch einen hohen CO<sub>2</sub> Ausstoß mit sich, der schon seit Jahren immer wieder diskutiert wird. Trotz allem bringt der Verbrennungsmotor auch einige Vorteile mit sich, er ist in der Produktion, aufgrund der hohen Stückzahlen, sehr günstig geworden. Hinzu kommt, dass der Motor sehr robust ist und somit viele Einsatzgebiete hat.*

*Nun zu der Brennstoffzelle: sie ist in der Anwendung sehr umweltfreundlich, da sie als Reaktionsrückstand nur Wasser ausscheidet und keine Schadstoffe in die Umwelt bläst. Des Weiteren ist sie geräuscharm, die Brennstoffzelle hat aber einen deutlich höheren Wirkungsgrad als der Verbrennungsmotor. Bei normaler Betriebstemperatur von 60°C bis 90°C beträgt der Wirkungsgrad 60%-70%. Allerdings sind die hohen Produktionskosten ein Problem, die man allerdings mit einer Massenproduktion senken könnte.*

# Die Geschichte der Brennstoffzelle

- *Geschichte kurz gefasst*
- *Groves Brennstoffzelle*
- *Experimente*
- *Damalige Konkurrenten*

## Geschichte kurz gefasst

*Die Erfindung der Brennstoffzelle wird dem englischen Physiker Sir William Robert Grove zugeschrieben, da er 1839 mit dem „Grovesche Element“ die erste vergleichbare Zelle zu Versuchszwecken baute.*



*Das Foto zeigt Sir William Robert Grove*

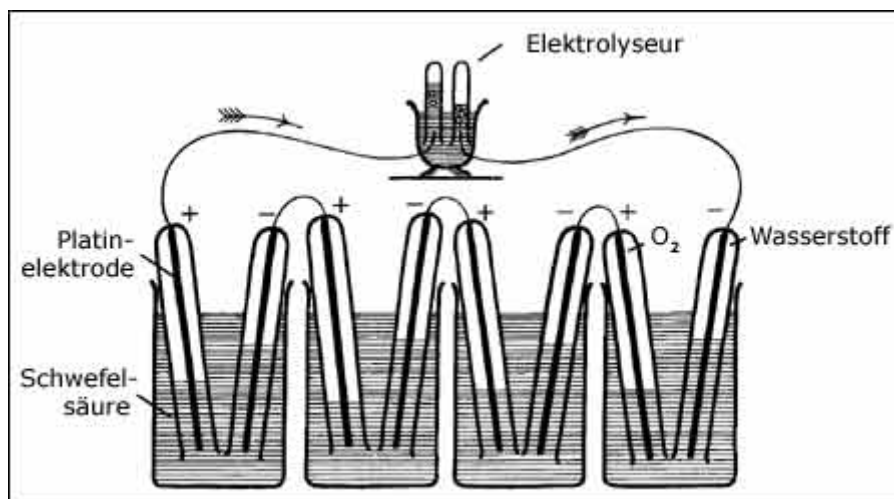
*Die Brennstoffzelle konnte sich allerdings nicht gegen den von Werner von Siemens entwickelten Dynamo durchsetzen, da er in Verbindung mit einer Dampfmaschine eine wesentlich effektivere, industriell nutzbare Spannungsquelle war.*

*Wilhelm Ostwald, Direktor des ersten Lehrstuhls für physikalische Chemie in Leipzig, erkannte jedoch schon 1887 das Potenzial von Groves Brennstoffzelle. Seine Theorien bescheinigten der Brennstoffzelle einen Wirkungsgrad von 83% und lösten in den ersten 20er Jahren des 20. Jahrhunderts eine Welle von Konstruktionsvorschlägen aus.*

*In den 1920er Jahren wurden erste Verbesserungen an der Zelle vorgenommen, mit denen man unter anderem die Korrosion der Elektroden in den Griff bekam.*

*In den 1960ern wurde die alkalische Brennstoffzelle erstmals in einem Satelliten eingesetzt und später auch in der Apollo Mission. Die Kosten und die Reinheit der Gase spielten keine Rolle.*

# Groves Brennstoffzelle



Das Bild zeigt das Prinzip des „Groschen Elements“.

Diese erste Brennstoffzelle bestand aus zwei Platinelektroden, die in Schwefelsäure getaucht wurden. Um diese wurden Wasserstoff und Sauerstoff gespült.

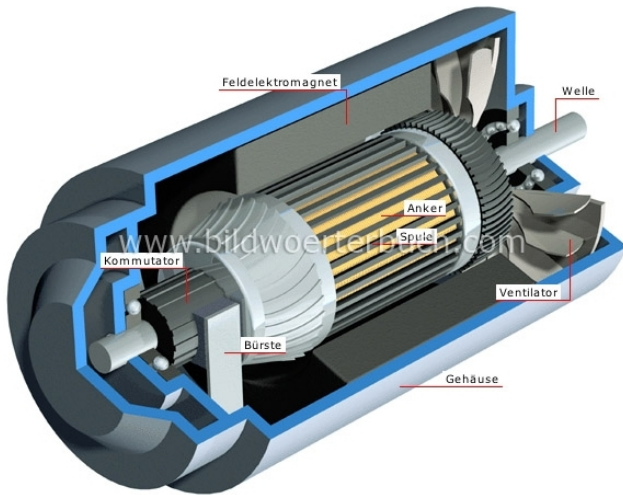
## Experimente

Das Bild zeigt ein Wasserstoffmotorrad von Karl Kordes



## Damalige Konkurrenten

*Als damalige Konkurrenten kann man nur den Dynamo in Verbindung mit einer Dampfmaschine und den Verbrennungsmotor sehen.*



Der Dynamo



Der Verbrennungsmotor

## Die alkalische Brennstoffzelle

- Grundlagen
- Wieso keine Umgebungsluft ?
- Allgemeine Funktionsweise
- Die verschiedenen Zellentypen
- Anwendungsgebiete

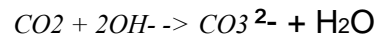
### Grundlagen

*Die alkalische Brennstoffzelle (engl. Alkaline Fuel Cell, AFC).  
Bei dieser Brennstoffzelle wird Kalilauge als Elektrolyt verwendet. Als Brenngas wird an der Anode reiner Wasserstoff und an der Kathode reiner Sauerstoff verwendet. Die übliche Betriebstemperatur liegt bei 60°C – 90°C, bei einem Wirkungsgrad von 60% - 70%.*

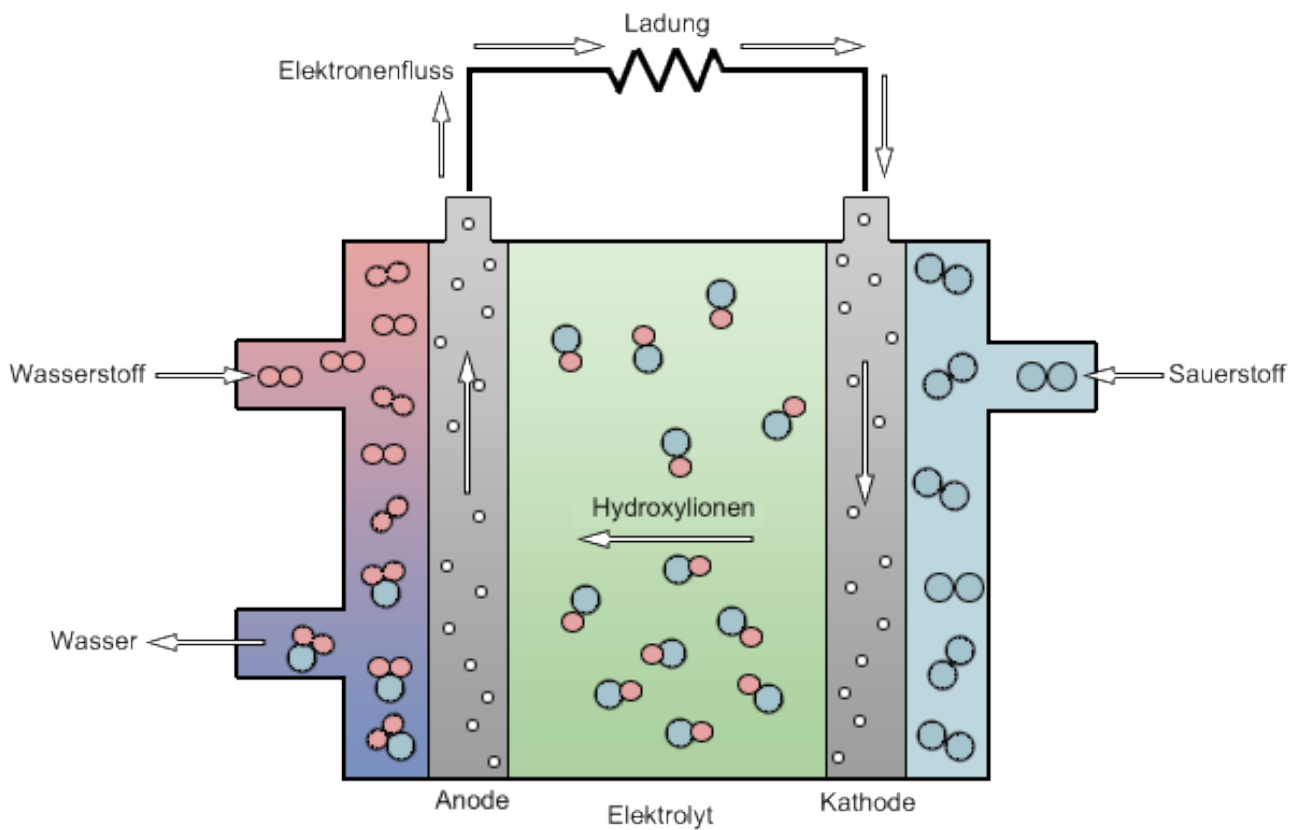


## Wieso keine Umgebungsluft ?

Bei der alkalischen Brennstoffzelle darf als Kathodengas keine Umgebungsluft verwendet werden. Da das in der Luft enthaltene  $\text{CO}_2$  mit der Kalilauge zu Kaliumkarbonat reagieren würde und so die Poren der Elektroden verstopfen würde. Das würde zu einem Ausfall der Zelle kommen.



## Allgemeine Funktionsweise



## **Der Ablauf der Brennstoffzelle**

### **Schritt 1**

*-Die in zwei Kreisläufen getrennten Gase Sauerstoff und Wasserstoff wandern vom Gasraum in den Katalysator.*

### **Schritt 2**

*-Die Wasserstoffmoleküle ( $H_2$ ) werden durch den Katalysator in zwei  $H^+$  Atome (Protonen) gespalten. Dabei gibt jedes Wasserstoffatom sein Elektron ab.*

### **Schritt 3**

*-Die Elektronen fließen von der Anode zur Kathode und bewirken einen elektrischen Stromfluß. Der Verbraucher wird mit elektrischer Energie versorgt.*

### **Schritt 4**

*-Jeweils vier Elektronen an der Kathode rekombinieren mit einem Sauerstoffmolekül.*

### **Schritt 5**

*-Die nun entstandenen Sauerstoff-Ionen reagieren mit Wasser zu  $OH^-$  -Ionen.*

### **Schritt 6**

*-Die Hydroxid-Ionen wandern durch den Elektrolyten (Kalilauge) zur Anode.*

### **Schritt 7**

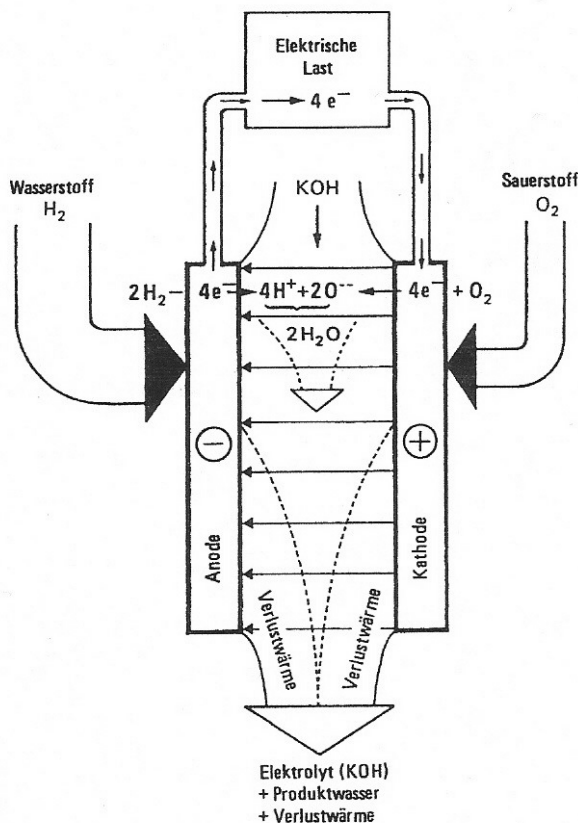
*-Die Hydroxidionen reagieren an der Anode mit den Protonen zu Wasser. Ein Teil des entstandenen Wassers wird wieder an die Kathode transportiert, wo es für eine weitere Reaktion zur Verfügung steht.*

# Die verschiedenen Zellentypen

1. Klassische Zellen der ersten Generation mit einem freiem Elektrolytfluss zwischen den Elektroden des Elektrodenpaares.
2. ELOFLUX-Zellen mit kompakten Elektrodenpaaren.
3. Matrix-Zellen, bei denen der Elektrolyt in einer porösen, mit den Elektroden verbundenen Struktur fixiert ist.

– Die Reaktionsgleichungen

## 1. Die klassische Zelle



Die erste Generation der AFC besteht aus zwei Elektroden, die durch den Elektrolyten Kalilauge voneinander getrennt sind. Zur besseren Katalyse sind die Elektroden jeweils mit einem Katalysator beschichtet. Auf der Wasserstoffseite (Anode) wird Nickel, Platin oder Palladium als Katalysator verwendet, für die Sauerstoffseite kommen Platin, Silber, Mangan oder alle Kohlenstoffe (Graphit, Ruß, Kohle, usw.) in Frage. Die mobilen Ionen in der AFC sind Hydroxid-Ionen (OH<sup>-</sup>).

Die Reaktion in der Zelle kann bei hoher Temperatur der Kalilauge besser ablaufen. Die Kalilauge wird bei zunehmender Temperatur allerdings auch aggressiver, ätzender, deswegen liegt die reguläre Betriebstemperatur bei ca. 60°C.

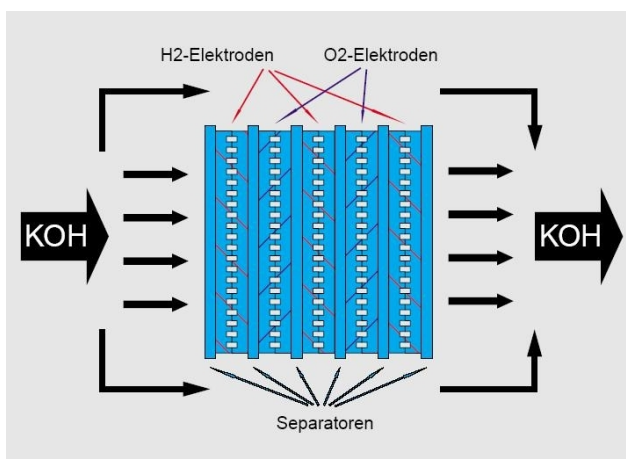


Bei dieser Art von Brennstoffzelle zirkuliert die Kalilauge durch die Zelle hindurch. Dies hat zahlreiche Vorteile:

- Aufgrund der Kalilauge können verschiedene preiswerte Katalysatoren eingesetzt werden
- Die Lauge transportiert Verschmutzungen weg
- Die Lauge kühlt die Zelle
- Die Lauge transportiert das Produktwasser weg
- Die Lauge kann einfach ausgetauscht werden
- Die Lauge kann extern regeneriert bzw. gereinigt werden

Als Nachteil ist aber bekannt, dass diese Zelle nicht mit Umgebungsluft betrieben werden kann.

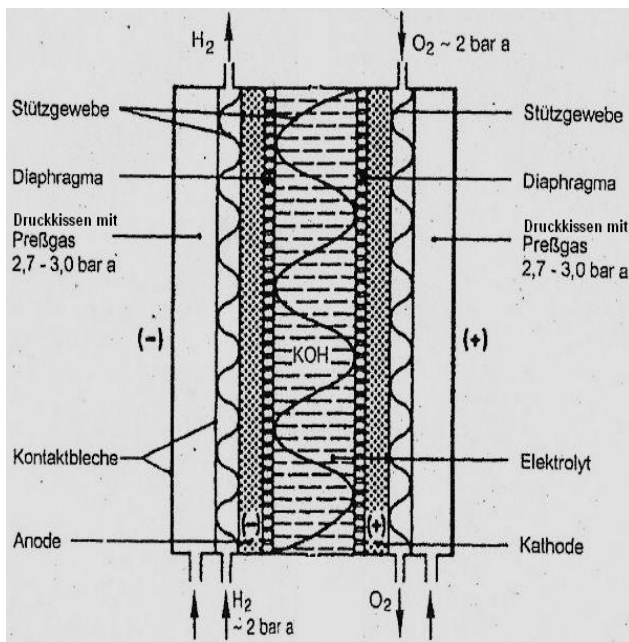
## 2. Die Eloflux Zelle



In einer ELOFLUX-Zelle dagegen liegen die Elektroden sehr dicht beieinander und sind nur durch einen porösen Separator von 0,3mm Dicke getrennt. Die Gasversorgung erfolgt über kleine Gaskanäle in den Elektroden, und der freie Elektrolyt strömt von den Stirnseiten her durch die Elektrodenpakete hindurch. Die Wasserstoffelektrode wird mit Nickel als Katalysator beschichtet, die Sauerstoffelektrode mit Silber als Katalysator. Der ursprüngliche Asbest-Separator besteht heute aus einem Material aus Polyolyphyn-Basis.

Die Vorteile der Eloflux-Zelle liegen vor allem in der sehr kompakten Bauweise, die Zelle ist nur 4mm dick. Weitere Vorteile sind der nochmals höhere Wirkungsgrad und die einfache Fertigung. Des Weiteren ist die gute Kohlenstoffdioxid Verträglichkeit ein weiterer positiver Vorteil.

### 3. Die Matrix Zelle



*In der Matrix-Zelle ist der Elektrolyt in einer porösen, mit den Elektroden verbundenen Struktur fixiert und kann nicht zirkulieren. Die Elektroden befinden sich zwischen einem mit Gas durchströmten Gasraum und einem Diaphragma aus Asbest. Bei den Elektroden handelt es sich um gestützte Pulverelektroden. Die Partikel einer solchen Elektrode werden durch den rechts- und linksseitig der Zelle erzeugten Druck (sog. Druckkissen) aufeinander gepresst und die Elektrode damit zusammen gehalten.*

*Das Katalysatormaterial der Wasserstoffelektrode ist Nickel, dotiert mit Titan und Platin, das der Sauerstoffelektrode Silber mit Zusätzen von Nickel, Titan, Platin und Wismut.*

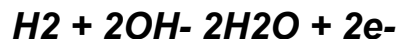
# Die Reaktionsgleichungen

Die Umsetzung von Wasserstoff und Sauerstoff zu Wasser läuft in zwei Teilreaktionen ab:

## Reaktion auf der Wasserstoffseite (Anodenseite):

-Die Wasserstoffmoleküle ( $H_2$ ) diffundieren in die Lauge und werden durch den Katalysator in zwei  $H^+$  Atome aufgespalten. Dabei gibt jedes Wasserstoffatom sein Elektron ab.

Nun reagiert  $H^+$  mit  $OH^-$  zu Wasser ( $H_2O$ ).



## Reaktion auf der Sauerstoffseite (Kathodenseite):

-Die Sauerstoffmoleküle diffundieren in die Lauge. Jeweils vier Elektronen rekombinieren mit einem Sauerstoffmolekül.

Die nun entstandenen Sauerstoff-Ionen reagieren mit Wasser zu  $OH^-$ .



## Anhand der beiden Teilreaktionen lässt sich die Gesamtreaktion aufstellen:



-Die Elektronen, die auf der Wasserstoffseite entstehen, können den Elektrolyten nicht passieren. Sie fließen daher von der Anode über einen elektrischen Verbraucher zur Kathode.

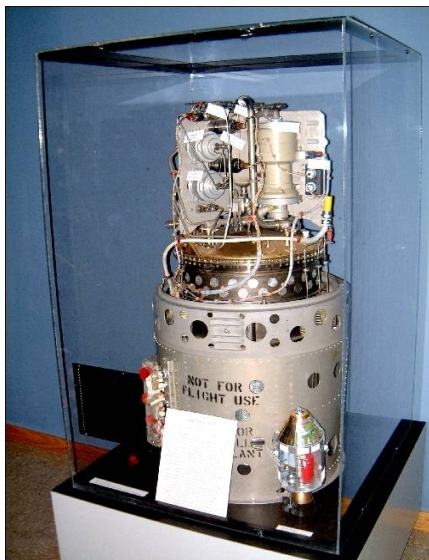
## Anwendungsgebiete

*Zu den Anwendungsgebieten der alkalischen Brennstoffzelle sind unter anderem zu zählen:*

- Die Raumfahrt*
- Die Fahrzeugtechnik*
- Die Energiespeicherung*

## Anwendung in der Raumfahrt

*Zu den Anwendungsgebieten in der Raumfahrt zählen unter anderem Projekte der NASA sowie europäische Projekte.*



*Das Bild zeigt die AFC Brennstoffzelle des Apollo Raumfahrtprojekts der NASA Ende der 1960er Jahre.*



*Im Space Shuttle wird seit des ersten Projekts die alkalische Brennstoffzelle eingebaut.*



*Die alkalische Brennstoffzelle wurde auch in dem europäischen Raumfahrtprojekt „Hermes“ angewendet.*

## **Anwendung in der Fahrzeugtechnik**

*Zu den Anwendungsgebieten zählen unter anderem:*

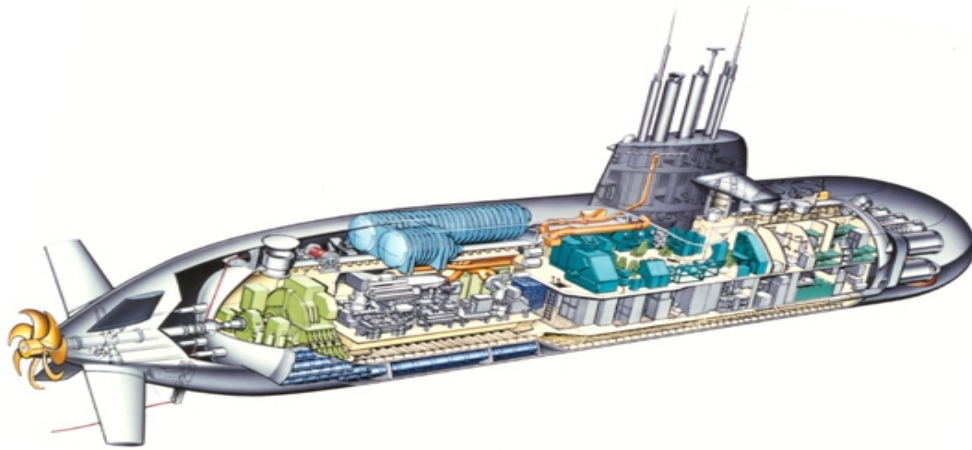


*Das Bild zeigt einen, mit einer AFC Brennstoffzelle betriebenen Gabelstapler der Firma „STILL“.*



*Der deutsche Automobilhersteller „Volkswagen“ hat in einigen VW-Bussen neuerer Generation, Brennstoffzellen zu Testzwecken eingebaut.*





*Das Bild zeigt ein, mit der AFC Brennstoffzelle betriebenes U-Boot (U212) der deutschen Marine.*

## **Die Anwendung in der Energiespeicherung**



*Bildausschnitt aus der Solar-Wasserstoff-Anlage in Neunburg vorm Wald.*

*In der Solar-Wasserstoff-Anlage in Neunburg vorm Wald wird elektrische Energie mithilfe von Solarzellen gewonnen. Mit diesem Strom erzeugen sie Wasserstoff aus Wasser. Dieser wird wiederum verwendet um mit Brennstoffzellen elektrischen Strom zu erzeugen.*



## Quellenangaben

<http://www.innovation-brennstoffzelle.de/>

<http://www.diebrennstoffzelle.de/index.shtml>

[http://de.wikipedia.org/wiki/Alkalische\\_Brennstoffzelle](http://de.wikipedia.org/wiki/Alkalische_Brennstoffzelle)

<http://www.solarhydrogen.com/>